

7. Garraway J. // J. Less-Common Met., 1984. Vol. 97. P. 91-203.
8. Спицын В.И. Технеций. М.: Наука, 1981. 147 с.

## **ПОЛУЧЕНИЕ БОРИДА ВОЛЬФРАМА МЕТОДОМ МЕХАНИЧЕСКИ АКТИВИРОВАННОГО САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗА**

В.В. Закусилов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [vvzakusilov@tpu.ru](mailto:vvzakusilov@tpu.ru)

Активное внедрение ядерных технологий в науку, промышленность и медицину создаёт потенциальную угрозу радиационной опасности для человека и окружающей среды, провоцируя поиск эффективных защитных материалов и способов их получения.

Наиболее опасными видами излучения являются нейтронное и гамма-излучение, имеющие высокую проникающую способность. Формирование эффективной защиты от потоков гамма-квантов, образующихся в результате ядерных реакций, заключается в использовании материалов, обладающих большой плотностью и высоким эффективным атомным номером вещества. Принцип ослабления потоков нейтронного излучения основывается на замедлении высокоэнергетических нейтронов, посредством реакций рассеяния, и поглощении низкоэнергетических нейтронов. Поэтому для эффективной защиты материал должен содержать в своём составе, как лёгкие, так и тяжёлые элементы [1, 2].

Материалы, используемые для защиты от радиоактивного излучения, должны обладать эффективными защитными характеристиками, конструкционной, радиационной и химической стойкостью. Одной из перспективных технологий порошковой металлургии, позволяющей получить материалы с заранее заданными свойствами, является самораспространяющийся высокотемпературный синтез.

Для получения защитного материала от нейтронного и гамма-излучения использовалась механически активированная смесь порошков вольфрама и бора (1):



Экспериментальная проверка, защитных свойств синтезированного материала на основе борида вольфрама, проводилась при вариации толщины экранов, в сравнении, с традиционно применяемыми материалами в технике радиационной защиты – свинцом и графитом. Источниками гамма-квантов были выбраны изотопы  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{60}\text{Co}$ , а Pu-Be источник в качестве источника нейтронов.

В результате выполненных исследований установлены технологические основы получения борида вольфрама и высокая эффективность применения синтезированного материала в качестве радиационно-защитного материала. Использование борида вольфрама WB исключает необходимость в многослойной защите от вторичного гамма-излучения.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Гусев Н.Г., Машкович В.П., Суворов А.П. Защита от ионизирующих излучений. В 2-х т. Т. I. Физические основы защиты от излучений: Учебник для вузов. Под общ. ред. Н. Г. Гусева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М: Атомиздат, 1980. – 461 с.

2. Голубев Б.И. Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений: Учебник для вузов. Под. ред. Е.Л. Столяровой. – 4-е изд., перераб. и доп. – М: Энергоатомиздат, 1986. – 464 с.

## **МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГИРОИДНЫХ ТИТАНОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

М. П. Козадаева, М.А. Сурменева, Р.А. Сурменев, Л.А. Леонова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: mariakoz71@gmail.com

Создание и внедрение имплантатов, способных замещать или восстанавливать дефекты костной ткани, является актуальной проблемой исследований для многих сфер науки. В медицине сетчатые конструкции на основе титана и его сплавов нашли широкое применение. Целью изготовления таких структур является создание среды для врастания костной ткани и получение определенных механических свойств. Использование аддитивных технологий, в частности метода электронно-лучевой плавки (ЭЛП), позволяет создавать из металла конструкции сложных форм за более короткий срок. Форма пор существенно влияет на механические характеристики изделия [1]. Использование топологии трижды периодической поверхности минимальной энергии (ТППМЭ), в частности гироида, является перспективным направлением.

Гироидные структуры с пористостью 75,86 % были смоделированы с использованием программ Mathematica и MeshLab и изготовлены из сплава Ti6Al4V на установке для послойного ЭЛП ARCAM A2 EBM (Мёльндаль, Швеция). Топографический анализ осуществлялся с использованием сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) Quanta 200 3D, FEI. Механические испытания на сжатие и растяжения проводились на установках INSTRON 3369 и INSTRON 5582, соответственно. Механические характеристики образца при соосных сжатии и растяжении приведены в таблице 1.

Механические свойства структур с топологией ТППМЭ, полученных с применением метода ЭЛП, начали изучаться сравнительно недавно. Для алмазных и ромбических гироидных структур с пористостью от 82 до 87% были получены значения предела текучести в диапазоне 11–70 МПа, а модуля упругости – 0,4–1,38 ГПа [2].

*Таб. 1. Механические свойства образцов сплава и кости [3]*

Структура	Испытания	Модуль Юнга, ГПа	Предел прочности, МПа	Предел текучести, МПа
ТППМЭ	Сжатие	1,40	87,78	66,31
	Растяжение	1,25±0,21	75,52±1,59	33,67±4,56
Кортикальная кость	–	3–30	100–230	103–222
Губчатая кость	–	0,02–0,7	2–15	0,8–11,6

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Savio G., Rosso S., Meneghello R., etc, Geometric modeling of cellular materials for additive manufacturing in biomedical field: a review // Applied Bionics and Biomechanics. – 2018. – vol. 3. – p. 1–14.
2. Ataee A., Li Y., Fraser D., etc, Anisotropic Ti-6Al-4V gyroid scaffolds manufactured by electron beam melting (EBM) for bone implant applications // Materials and Design. – 2018. – vol. 137. – p. 345–354.